

числом связей РЗ-О-Тi, увеличивающих присутствие поверхностных или структурных дефектов в допированных образцах Тi оксида. В нашем случае, ионы церия, могут оказывать аналогичное влияние на структуру АОА.

1. Комаров Ф.Ф., Мудрый А.В. и др. Оптика и спектроскопия. 2008, 104, №2, С.272-275.
2. Врублевский И.А., Паркун В.М. и др. Доклады БГУИР. 2008, Т.5, №5, С.86-90.
3. Parnicka P., Mazierskia P. et. al. Results in Physics. 2019, V.12, P.412–423.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НАНОЧАСТИЦ В УГЛЕРОДНОЙ ОБОЛОЧКЕ Ni@C МЕТОДОМ ЯМР

Прокопьев Д.А.^{1,2*}, Гермов А.Ю.², Михалёв К.Н.², Уймин М.А.², Ермаков А.Е.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: prokopev.dima@mail.ru

NMR STUDY OF PHASE COMPOSITION OF CARBON ENCAPSULATED NI@C NANOPARTICLES

Prokopyev D.A.^{1*}, Germov A.Yu.², Mikhalev K.N.², Uimin M.A.², Yermakov A.E.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The NMR, X-ray diffraction and magnetization data of Ni@C nanoparticles (d = 8 nm) in the carbon shell (2 nm) synthesized by gas-phase method have been obtained. Analysis of the Ni⁶¹ NMR spectra obtained in the local field at T=4.2 K have shown that Ni@C nanoparticles contain phases of metallic Ni (12 %), solid solution Ni-C (8 %), and carbide Ni₃C (1.5 %). According to C¹³ NMR in the external field at T=300 K, the shell does not contain graphene layers.

Магнитные наночастицы представляют значительный интерес, как с фундаментальной точки зрения, так и в связи с возможностью их практического применения в спинтронике, сенсорных устройствах, суперконденсаторах [1], в качестве катализаторов химических реакций [2], а также в медицине, как контрастные агенты МРТ [3] или для адресной доставки лекарств [4].

Из-за очень малых размеров, методом рентгеновской дифракции трудно обнаружить фазы с низкой концентрацией. Нейтронная дифракция также мало эффективна из-за низкой плотности и малых линейных размеров вещества. Измерение намагниченности не позволяет достоверно отделить вклады от различных фаз, присутствующих в образце. Для частиц, размером менее 10 нм, удобной и

эффективной методикой исследования является метод ЯМР [5], который за счёт наибольшей чувствительности к сверхтонким полям позволяет выделить различные фазы.

Для медицинских целей наиболее удобно использовать наночастицы в углеродной оболочке, так как она устойчива при воздействии химических веществ и температурного фактора. В этом случае важно знать не только толщину, но и фазовый состав этого покрытия, потому что графен в углеродной оболочке, например, может повредить живые ткани [6].

В данной работе для наночастиц никеля в углеродной оболочке Ni@C, полученных газофазным методом, совместно с данными структурной и магнитной аттестации приводятся спектры ЯМР ^{61}Ni , ^{13}C . Определён фазовый состав наночастиц.

Согласно полученным данным на ядре Ni^{61} в наночастицах Ni@C присутствуют фазы металлического Ni (12 %), твердого раствора Ni-C (8 %) и карбида Ni_3C (1.5 %). Анализ спектра ЯМР C^{13} показал, что оболочка состоит из стеклоподобного углерода, признаков графена и графита не обнаружено.

Работа выполнена в рамках государственной темы «Функция» № АААА-А19-119012990095-0 и поддержана проектом РФФИ №16-02-00416.

1. Sharoyan E.G., et al., J. of Contemporary Phys., 52, 147 (2017).
2. Erokhin A.V. et al., Russ. J. Phys. Chem. 88, 12 (2014)
3. González-Mancebo D. et al., Particle and Particle Systems Characterization, 34, 10 (2017).
4. Demin A.M. et al., Langmuir, 34, 11, 3449 (2018).
5. Mikhalev K.N. et al., Physics of the Solid State, 59, 3, 514 (2017).
6. Ou L. et al., Particle and Fibre Toxicology, 13, 57 (2016).